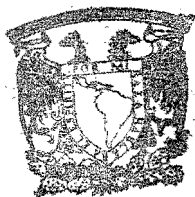


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

DETERMINACION EN VEGETALES DE LA
ACTIVIDAD BIOLOGICA DE ALGUNAS
LACTONAS SESQUITERPENICAS



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER

EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A

RAFAEL MARTINEZ PEREZ



MEXICO, D. F.

EX-
PROFESIONALES
974

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto de Química de la U.N.A.M., bajo la dirección del M. en C. Javier Taboada Ramírez.

Agradezco al Dr. Jesús Romo Armería, Director del Instituto de Química el interés que mostró en la elaboración de esta tesis y las facilidades que me otorgó para la realización de la parte experimental.

A la memoria de mi madre.

INTRODUCCION

Las lactonas sesquiterpénicas, han sido reconocidas como sustancias netamente de origen vegetal y son bien conocidas químicamente. En general actúan como inhibidores, pues se ha demostrado que algunas impiden el crecimiento de las células al interferir con ciertos sistemas enzimáticos. Dado que estos sistemas son muy comunes, las lactonas sesquiterpénicas deben intervenir en un número muy importante de fases del proceso de crecimiento, lo cual parece muy probable dada su amplia distribución en los vegetales. Al interaccionar con otras sustancias, acentuando o inhibiendo su actividad, pueden determinar un delicado equilibrio del que resulte el normal crecimiento del vegetal y si este equilibrio se altera, deben provocarse anomalías como por ejemplo, la formación de tumores vegetales. Al actuar algunas de ellas como inhibidores en la germinación de las semillas, resultan ser muy importantes en la Ecología Vegetal, pues cualquier factor que lo logre debe tener una poderosa influencia en la integración de las comunidades vegetales.

Durante muchos años, se han estado aislando lactonas sesquiterpénicas en el Instituto de Química de la UNAM, a partir de compuestas co-

lectadas en diferentes lugares de la República. Su actividad biológica se estudia actualmente en México, siendo uno de los aspectos de su investigación, el conocer sus posibles efectos en vegetales.

En el presente trabajo, se ensayaron las siguientes lactonas: Concholina A, Crisartemina A, Desacetilviguiestenina, Psilotropina, Ivalina, Schkurina y Viguiestenina. Se estudiaron sus efectos sobre la respiración de coleptilos de avena, sobre la germinación y la elongación de la raíz y el epicotilo o coleptilo de lechuga, rábano y trigo y sobre la formación de raicillas en estacas de frijol mungo y de frijol negro.

ANTECEDENTES

Auxinas.

En 1897 Charles Darwin ¹ descubrió que los coleoptilos de gramíneas exhibían fototropismo en respuesta a la luz absorbida por el ápice.

Paál ² (1919), sugirió que era debido a cambios en el movimiento de alguna substancia, provocado por la luz unilateral.

P. Boysen Jensen ³ 1910-1913, demostró que el fotoperiodismo -- ocurre aunque el ápice sea separado del resto del coleoptilo por un pequeño bloque de gelatina y que se interrumpía si una pequeña placa de mica, bloqueaba el flujo de alguna substancia; esto no ocurría si la mica era colocada sobre el lado iluminado, lo que indicaba la presencia de algún promotor del crecimiento más que de un inhibidor.

En 1928 F. Went ⁴ realizó un pequeño, pero histórico experimento, con coleoptilos de avena. Ideó una prueba que podría demostrar si existía realmente tal substancia promotora del crecimiento. Seccionó el ápice de un coleoptilo de avena y lo colocó sobre un pequeño bloque de gelatina donde permaneció por varias horas. Después descartó el ápice y unió el bloque de gelatina en un lado del coleoptilo decapitado. Si la hipotética substancia se había difundido del ápice hacia la gelatina, su experimento --

mostraría un efecto sobre el crecimiento del tallo seccionado y esto fue -- exactamente lo que sucedió: el lado del coleoptilo al cual se había unido la gelatina, creció más rápido que el otro lado provocando que el tallo se incurvara.

Went llamó a la substancia presente en el bloque de gelatina auxina y este término se usa actualmente para todos los compuestos (naturales o sintéticos) que provoquen la curvatura del coleoptilo cuando sean -- aplicados unilateralmente como en el experimento de Went.

Más tarde F. Kögl⁵ (1934), aisló de la orina un compuesto de - actividad positiva en la prueba de Went y fué identificado como ácido indolilacético. Posteriormente F. Kögl⁵ (1934) y K.V. Thimann⁶ (1935) - lo aislaron en tejidos vegetales.

El ácido indolilacético se cree es la auxina de Went; pero se sa be ahora que los coleoptilos contienen otros compuestos que provocan la - misma respuesta y son por lo tanto definidos como auxinas.

El ácido indolilacético se sintetiza a partir del triptofano y se - ha encontrado que su concentración en los tejidos vegetales se reduce por procesos destructores que involucran su oxidación en la que interviene una - enzima llamada ácido indolilacético oxidasa, la cual es inhibida por los or todifenoles y activada por los monofenoles, por lo tanto, debido a sus efec tos opuestos sobre la ácido indolilacético oxidasa, los ortodifenoles estimu-

lan el crecimiento de los coleoptilos y los monofenoles lo inhiben.

Otro mecanismo que reduce los niveles del ácido indolilacético - en los tejidos vegetales es su conversión a derivados por combinación con - ácido aspártico, ácido glutámico, mioinositol o glucosa.

Otras auxinas distintas al ácido indolilacético, son el indolace- taldehído, el indoletanol y el indolacetónitrilo que presentan actividad co- mo auxinas debido a que son convertidas rápidamente en ácido indolilacéti- co.

Otras auxinas no poseen estructura indol y no han sido claramen- te identificadas.

Se han también sintetizado compuestos con actividad de auxinas. La capacidad de diversos compuestos indólicos para producir efectos en el crecimiento, fueron reportados casi simultáneamente por F. Kögl, et al⁵ -- (1934), A. Haagen-Smith y F. Went⁷ (1935) y P. Zimmerman et al⁸ - (1936).

La actividad como auxinas de los ácidos naftalenos fueron obser- vados por P. Zimmerman et al⁸ (1936) y de los naftoxiácidos por V. Irvi- ne⁹ (1938) y P. Zimmerman y A. Hitchcock¹⁰ (1941).

La gran actividad de algunos ácidos fenoxiacéticos fue estudiada por P. Zimmerman y A. Hitchcock¹¹ (1942) y la de los ácidos benzoicos por J. Bentley¹² (1950).

La utilidad de todos estos compuestos sintéticos en agricultura es variable, los indoles y naftalenos son usados principalmente para enraizamiento y fructificación, los fenóxidos son herbicidas y modificadores del crecimiento y maduración del fruto y finalmente los ácidos benzoicos son empleados como herbicidas, A. Leopold¹³⁻¹⁴ (1955-1958) y L. Audus¹⁵ (1959).

Algunos efectos de las auxinas sobre los vegetales son:

- 1.- Provocan el crecimiento de raíces, tallos, hojas y flores en muchas plantas superiores, como resultado de la elongación de sus células.
- 2.- Estimulan la actividad meristemática en las células de la corteza y la médula las cuales se desdiferencian y entran en mitosis.
- 3.- Influyen en el desarrollo lateral de yemas.
- 4.- Provocan la formación de primordios de raíces.

Las raíces usualmente se originan de células producidas en una capa externa del floema. J. Sachs¹⁶ (1887) y H. Van der Lek³ en 1925 demostraron que la existencia de yemas activas en hojas jóvenes por arriba de un corte realizado en un tallo, de alguna manera estimulan la formación de raíces y sugirieron que aportaban alguna hormona al lugar donde se originan nuevas raíces.

K. Thimann y F. Went¹⁷ (1934) demostraron que el ácido indolilacético estimula la formación de raíces sugiriendo que él o una hormo

na similar es la substancia que normalmente se requiere para el crecimiento de hojas y brotes. Algunas auxinas sintéticas como el ácido indolilbutírico y el ácido naftalenacético son particularmente efectivas para dicho fenómeno.

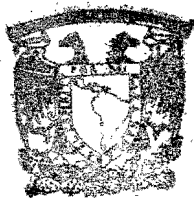
5.- Determinan el crecimiento de los ovarios y su desarrollo en frutos maduros.

6.- Intervienen evitando la abscisión de hojas, flores y frutos.

7.- Tienen actividad en la floración de algunas plantas.

Mecanismo de acción de las auxinas.

Las auxinas estimulan el crecimiento de las células para lo cual se requiere energía metabólica, la que se obtiene directamente de la respiración. Las plantas tratadas con auxinas a menudo respiran más intensamente; pero se piensa que se debe a que el crecimiento requiere de algún producto de la respiración tal como el ATP. La utilización del ATP en los procesos de crecimiento, tales como la formación de proteínas o de materiales de la pared celular transforman al ATP en ADP y Pi lo cual permite que la respiración y la producción de ATP continúen. Evidencias señaladas por I. Sarkissian y R. McDaniel¹⁸ (1966) indican que el ácido indolilacético puede influir directamente en las reacciones mitocondriales, sugiriendo que la auxina actúa como un efector alostérico para la enzima



de condensación que interviene en el ciclo de Krebs.

BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGÍA

El aumento en tamaño de las células, también podría resultar de que las auxinas provoquen un incremento en la incorporación de solutos, lo que produciría un potencial osmótico negativo, con la consecuente incorporación de agua en la célula y de ahí la expansión de la misma, aunque si esto ocurre, no debe ser esencial para el crecimiento, ya que las auxinas lo promueven en coleoptilos de avena aunque estos se encuentren en agua destilada, por lo tanto, la expansión de las células ocurre además a causa de la disminución de la resistencia de la pared celular como fue demostrado por A. Heyn¹⁹ (1931). A manera que las paredes de la célula se hacen más plásticas, se distienden más fácilmente; al distenderse, la turgencia de las células se reduce y más agua puede difundirse al interior de ellas.

Durante el crecimiento de la pared celular las auxinas incrementan la síntesis de compuestos pécticos, hemicelulosa y a veces celulosa, algunas ligaduras químicas deben romperse en aquellas moléculas que dan rigidez a la pared celular, provocando que las cadenas de celulosa puedan deslizarse una sobre otra. Estos cambios en la plasticidad de las paredes celulares seguramente involucran reacciones catalizadas por enzimas, las auxinas parecen influir en la producción de enzimas, actuando sobre el RNA mensajero que codifica la síntesis de las proteínas requeridas para la expansión.

sión de las paredes celulares, L. Nooden y K. Thimann²⁰ (1966) y J. -- Key²¹ (1964). No hay evidencia de que los procesos de crecimiento que son estimulados por auxinas requieran de la formación de DNA.

J. Biale y F. Halma²² (1937) demostraron que la auxina induce la formación de raíces en los extremos basales de las estacas de plantas -- subtropicales. Las raíces siempre se forman en la posición más basal y las yemas se forman siempre en el extremo más cercano al ápice. Ciertas -- gimnospermas y algunos árboles frutales como manzanos y perales no forman raíces adventicias con un tratamiento de auxinas, por lo que se piensa que otras sustancias desconocidas parecen estar involucradas en su formación. -- F. Went³ (1938) llamó a estas sustancias desconocidas rizocalinas.

En 1961, C. Hess²³ propuso el uso de las estacas de frijol mungo para detectar sustancias capaces de estimular la formación de raicillas en combinación con el ácido indolilacético. Otros autores, entre ellos, -- L. Sequeira et al²⁴ (1968) han probado la actividad de lactonas sesquiterpénicas en combinación con el ácido indolilacético. T. Osawa et al²⁵ -- (1971) encontraron que algunas lactonas sesquiterpénicas como por ejemplo la Crisartemina A, la Crisartemina B, la Heliangina y la Piretrosina ac -- túan como cofactores del ácido indolilacético para promover la formación -- de raicillas en frijol mungo, siendo probable que estas sustancias, entre -- otras sean las rizocalinas de Went.

En ocasiones las lactonas actúan como inhibidores de la germinación. A. Kockemann³ (1934) encontró inhibidores de la germinación en semillas localizadas aún dentro de los frutos carnosos y sugirió que la germinación de tales semillas podría ser normalmente evitada en el fruto, por dichos inhibidores.

Desde entonces muchos compuestos inhibidores para la germinación de las semillas han sido detectadas en sus tegumentos, algunos son lactonas no saturadas como la Coumarina, el ácido parascórbico y la Scopoletina. La acción inhibidora de algunos frutos maduros sobre la germinación de las semillas que contienen es al menos parcialmente debida a su contenido en lactonas no saturadas.

Lactonas sesquiterpénicas.

Las lactonas sesquiterpénicas, son compuestos que poseen un esqueleto fundamental de 15 átomos de carbono, los cuales, teóricamente resultan como un producto de la condensación de 3 moléculas de Isopreno (2-Metil-Butadieno-1,3).

Las lactonas sesquiterpénicas se han aislado principalmente a partir de extractos de flores o partes aéreas de las compuestas y de algunas umbelíferas. A. Domínguez²⁶ (1973).

En algunas, la lactona cierra al carbono 6 y en otras al carbo-

no 8. Pueden presentar distintas funciones químicas: grupos epóxido, ésteres, carbonilos, grupos OH y dobles ligaduras.

Son sustancias amargas de farmacología poco estudiada, pero --
provenientes de plantas usualmente reportadas como medicinales. Se ha su-
gerido, que su actividad está relacionada con el grupo exometilenbutenóli-
do y también que este grupo modifica el crecimiento de los vegetales.

Son sustancias lo suficientemente polares para ser insolubles en
éter de petróleo, aunque también son insolubles en agua. Se disuelven en
etanol o metanol caliente; pero son aún más solubles en cloroformo o éter
etílico. Estas propiedades son utilizadas para extraerlas y separarlas de --
otros compuestos.

Su actividad biológica es muy variable, algunas actúan como --
analgésicos, otras como amebicidas, otras poseen acción fitotóxica como --
la Alantolactona P. Dalvi et al²⁷ (1971). La Heliangina, otra lactona --
sesquiterpénica, M. Nishikawa et al²⁸ (1966), aislada de las hojas de gi-
rasol es un regulador que tiene efectos inhibidores en los ensayos de curva-
tura de coleoptilos de avena; pero promueve la formación de raíces adven-
ticias en cortes de frijol. Más aún, se supone que la Heliangina es el --
agente por el cual una gran intensidad luminosa suprime la elongación en-
los entrenudos del tallo, puesto que la luz acelera el transporte de He-
liangina en las hojas del girasol y esta inhibe la elongación del tallo, H.

Morimoto et al²⁹ (1966).

Las investigaciones sobre inhibidores de tumores animales obtenidos de plantas, ha revelado que algunas lactonas sesquiterpénicas como por ejemplo la Elefantina y la Elefantopina, S. Kupchan et al³⁰ (1966) y la Vernolepina L. Sequeira et al²⁴ (1968) son fuertes inhibidores de la elongación del coleoptilo de trigo. Si los inhibidores se lavan y los coleoptilos son luego tratados con auxina se observa que los coleoptilos presentan elongación.

La reversibilidad de la acción de estos compuestos ha sugerido que tales compuestos pueden desempeñar un papel regulador in situ, S. -- Kupchan³¹ (1970). La Piretrosina y el acetato de ciclopiretrosina (su producto de ciclización) son lactonas sesquiterpénicas aisladas del crisantemo. S. Irinijima et al³² (1970), tienen una actividad biológica similar, M. Nishikawa et al²⁸ (1966). La Xantinina tiene efectos inhibidores sobre el crecimiento, P. Deuel et al³³ (1957), T. Geissman et al³⁴ (1954).

La Crisartemina A actúa como cofactor del ácido indolilacético en la formación de raíces de frijol mungo, T. Osawa et al²⁵ (1971).

Otras lactonas tienen un efecto sinergista, promoviendo el crecimiento inducido por auxinas en bajas concentraciones e inhibidores a altas concentraciones. Muy interesante es la similitud estructural que existe entre algunas de ellas como por ejemplo la Elefantopina y la Elefantina --

con la Heliangina, F. Steward et al³⁵ (1971), lo cual sugiere que esto - sea la causa de que provoquen los mismos efectos.

MATERIAL Y METODOS DE TRABAJO.

Las semillas empleadas para los ensayos fueron:

- a).- Semillas de lechuga Lactuca sativa L. var. Grand Rapids Burn Tip-resistant.*
- b).- Semillas de rábano Raphanus sativus L. var. French Breakfast. *
- c).- Semillas de trigo Triticum vulgare L. var. Potam. Producido en -- Briseñas, Mich. Otono-Invierno 1973-1974. **
- d).- Semillas de frijol mungo Phaseolus aureus Roxb. *
- e).- Semillas de frijol negro Phaseolus vulgaris L. Var. Negro 66.***
- f).- Semillas de avena Avena sativa L. var. Perla. ***

* .- Adquiridas en el mercado.

** .- Cedidas por la Biól. Fernanda Cristina Barrera G. de la Productora Nacional de Semillas (SAG).

***.- Cedidas por el Dr. Rodolfo Moreno G. del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SAG).

Las lactonas sesquiterpénicas ensayadas fueron las siguientes :

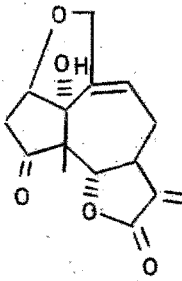
- 1.- Conchosina A

- II.- Crisartemina A
- III.- Desacetilviguiestenina
- IV.- Ivalina
- V.- Psilotropina
- VI.- Schkurina
- VII.- Viguiestenina

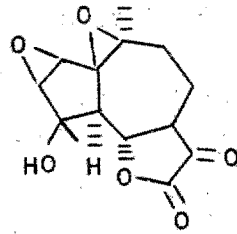
Cuyas fórmulas aparecen en la fig. (1).

La actividad respiratoria se midió en un microrrespirómetro --
Braun's Warburg App. Modelo "V".

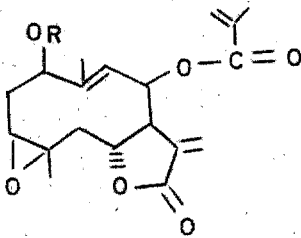
Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante la apli-
cación de la prueba "t" de Student, tomándose un nivel de significación -
del 5%.



I

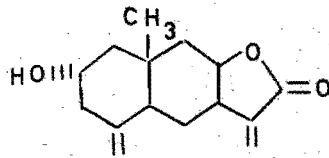


II

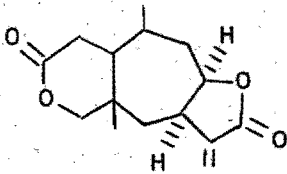


III R = H

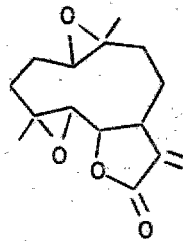
VII R = OAC



IV



V



VI *

Figura 1.- Lactonas sesquiterpénicas estudiadas.

Fueron cedidas por los Drs. Jesús Romo Armería (II, IV, VI); Alfonso Romo de Vivar (I, III, IV, VII); Alfredo Ortega (III, V, VII); Carlos Guerrero (I, III, VII), del Instituto de Química de la UNAM.

*Esta fórmula es la más probable, pendiente de publicación.

Para el ensayo de la actividad de las lactonas sesquiterpénicas sobre la respiración de coleoptilos de avena, se siguió un procedimiento semejante al de W. Mitchell et al³⁶ (1973) que a continuación se describe.

1.- Las semillas de avena a las que previamente se les separó las glumas, se sumergieron durante 10 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

2.- Se pasaron a agua destilada donde permanecieron una hora.

3.- Se pusieron a germinar sobre algodón humedecido con agua destilada dentro de cajas de Petri y se llevaron a una estufa donde permanecieron a una temperatura de 25°C. durante 72 horas.

4.- Para evitar la acción de la luz sobre los coleoptilos, las cajas de Petri fueron cubiertas con fundas de cartoncillo negro.

5.- Se cortaron fragmentos de coleoptilos de 5 mm. de longitud sin ápice y se sumergieron durante 2 horas en una solución de sacarosa al 2% (control) y en las soluciones de las sustancias cuya actividad iba a ensayarse.

6.- En cada matraz del microrrespirómetro se colocaron 10 co-leoptilos (excepto en el termobarómetro) y se prepararon de la manera siguiente:

a).- Termobarómetro: 3 ml. de sol. de sacarosa al 2% en el compartimiento principal y .2 ml. de KOH al 10% en el compartimiento -

central, junto con un trozo de papel filtro para aumentar la superficie de combinación con el CO_2 .

b).- Control: Igual que el anterior.

c).- 3 ml. de la substancia a ensayar en el compartimiento principal preparada a una concentración de $1.14 \times 10^{-4} \text{M}$. con solución de sacarosa al 2%. El resto igual que el anterior.

d).- 3 ml. de la substancia a ensayar a una concentración del $1.14 \times 10^{-5} \text{M}$. y el resto como los anteriores.

El microrrespirómetro trabajó a una temperatura de 25°C ., el material se dejó estabilizar durante 15 minutos, después de los cuales, se cerraron los manómetros y se realizaron 7 lecturas con intervalos de 30 minutos.

Para el ensayo de la actividad de las lactonas sesquiterpénicas como cofactor del ácido indolilacético sobre la formación de raicillas en hipocotilos de frijol mungo y negro, se siguió un método similar al descrito por W. Mitchell et al³⁶ (1973).

Las semillas se germinaron en vermiculita la cual se colocó en charolas de plástico formando una capa de 1 cm. de grueso sobre la cual se colocaron 50 semillas y se cubrieron con otra capa de vermiculita del mismo espesor. Después de un período de crecimiento de 9 a 10 días en cámara de crecimiento con luz blanca continua y temperatura de 25°C ., -

se cortaron las matas cuando las hojas primarias estuvieron completamente extendidas y no había aparecido aún el botón de las hojas trifoliadas. La longitud de los hipocotilos de frijol mungo fue de 4 cm. y de frijol negro de 5, 7 y 10 cm.

Se formaron lotes de 10 estacas que se trataron siguiendo el método usado por T. Osawa et al²⁵ (1971) para la Crisartemina A, la cual usamos como referencia.

Después de este tratamiento se pasaron a una solución nutritiva preparada según la fórmula dada por L. Machlis et al³⁷ (1956) y permanecieron en ella durante 7 días, luego se leyó la formación de raicillas, tomándose en cuenta sólo aquellas mayores de 1 mm. de longitud.

La actividad de las lactonas sesquiterpénicas sobre la germinación, la elongación de la raíz y epicotilo o coleoptilo se determinó mediante un procedimiento similar al de E. Carley et al³⁸ (1968).

1.- Se prepararon soluciones de las sustancias con agua destilada a las siguientes concentraciones: 1.14×10^{-4} M; 1.14×10^{-5} M; 1.14×10^{-6} M.

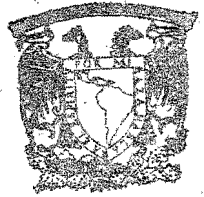
2.- Se emplearon semillas de lechuga, rábano, trigo y frijol mungo.

3.- Las semillas se sumergieron en agua destilada durante una hora.

4.- Se colocaron 25 semillas en cada caja sobre 2 hojas de papel filtro Whatman No. 2.

5.- Para cada especie se emplearon 4 cajas, una como control - con agua destilada y las tres restantes con cada una de las soluciones, 5 ml. para las correspondientes de lechuga y rábano y 10 ml. para las de trigo.

6.- Las cajas permanecieron 5 días con luz blanca continua y a temperatura ambiente. Se anotó diariamente el número de semillas que germinaron y al final se midió la longitud alcanzada por la raíz y epicotilo o coleoptilo. En el caso del trigo se anotó el número de raíces formadas y se midió únicamente la más larga.



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

RESULTADOS Y DISCUSION

Respiración.

En las condiciones de trabajo en que fueron ensayadas, la Conchosi-
na A, la Psilotropina y la Schkurina no influyeron sobre la actividad-
respiratoria de los coleptilos de avena. Para tener una mayor seguridad -
de estos resultados, se repitieron dos veces los experimentos con Conchosi-
na A y Schkurina y en ambos casos los efectos fueron semejantes.

La lvalina por su parte provocó estimulación en la actividad res-
piratoria, no así la Viguiestenina y la Desacetilviguïestenina que la inhibi-
eron como muestra la gráfica No. (1). En ella se observa que fue más -
significativa la acción de la Desacetilviguïestenina, se advierte además --
que durante los primeros minutos hubo una ligera estimulación respiratoria y
que después empezó a presentarse la actividad inhibidora, la cual se man-
tuvo durante los 180 minutos de duración del experimento.

La actividad de las lactonas empleadas sobre la respiración es -
variable. Como las condiciones de trabajo fueron las mismas para todas, -
la diferencia en actividad sólo puede ser el resultado de su diferente con-
figuración molecular. El número de lactonas estudiadas es muy reducido y

no nos permite establecer la relación entre su estructura y la actividad sobre el consumo de oxígeno.

Si observamos las fórmulas de la Desacetilviguiestenina y la Viguiestenina, advertimos que la única diferencia que existe entre ellas, es la presencia en la primera de un OH libre el cual está esterificado en la segunda. No sabemos si esta sea la causa de la mayor actividad inhibidora de la Desacetilviguiestenina; pero es importante el señalar este hecho.

Formación de raíces adventicias.

En la tabla 1³⁹ se reporta la actividad de la Viguiestenina, Desacetilviguiestenina y Crisartemina A sobre la formación de raicillas en estacas de frijol negro var. 66.

Debido a que T. Osawa et al²⁵ (1971) demostraron que la Crisartemina A es cofactor del ácido indolilacético, decidimos usarla como control para comparar nuestros resultados usando en nuestro caso frijol negro var. 66. Los resultados obtenidos por nosotros con la Crisartemina A son comparables a los obtenidos por los autores mencionados.

De los datos presentados en la tabla 1 se deduce lo siguiente:

Siendo mayor el número de raicillas formadas cuando sólo se aplica Viguiestenina o Desacetilviguiestenina al que se obtiene en el control que únicamente tiene agua destilada se infiere que ambas lactonas ses

quiterpénicas son capaces por si mismas de inducir la formación de raicillas.

Dado que el número de raicillas formadas es semejante cuando las estacas son tratadas únicamente con Viguiestenina o con Viguiestenina y ácido indolilacético, la Viguiestenina no puede considerarse como cofactor del ácido indolilacético para la formación de raicillas en frijol negro var. 66.

Como en el tratamiento de Desacetilviguiesenina y ácido indolilacético el número de raicillas formado resulta ser considerablemente mayor al obtenido cuando se tratan con Desacetilviguiesenina afirmamos que esta substancia es cofactor del ácido indolilacético para la formación de raicillas en frijol negro. Siendo más efectiva que la Crisartemina A.

Podemos puntualizar de los hechos anteriores lo siguiente :

1.- La Desacetilviguiesenina es cofactor del ácido indolilacético y la Viguiestenina no.

2.- La única diferencia en estructura molecular que existe entre las dos lactonas es la presencia en la Desacetilviguiesenina de un hidróxilo libre, mismo que se encuentra esterificado en la Viguiestenina (Fig. 1).

Por lo tanto el grupo OH libre, es posible que desempeñe una función relevante para que la Desacetilviguiesenina actúe como cofactor del ácido indolilacético.

Como se ha mencionado antes, varios autores³ han reportado que

la presencia de grupos OH fenólicos inhiben la actividad de la enzima ácido indolilacético oxidasa, dando por resultado que los niveles de ácido indolilacético presentes en los tejidos vegetales no se reduzcan, facilitándose así todos los efectos mediados por el ácido indolilacético.

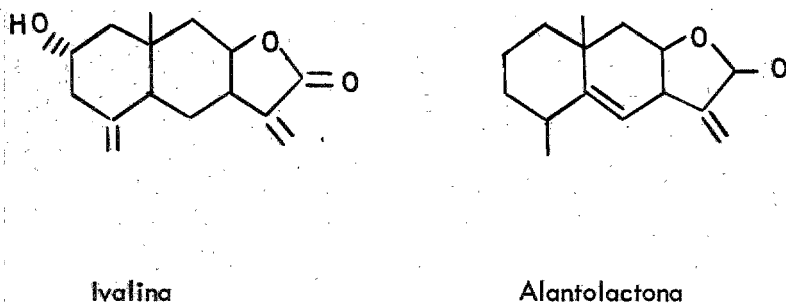
Podríamos suponer que el OH libre de la Desacetilviguiestenina inhiba la ácido indolilacético oxidasa, y por lo tanto protege el ácido indolilacético aumentando sus efectos. Esto tendrá que probarse mediante trabajos posteriores.

Germinación y elongación de la raíz y del epicotilo o coleoptilo.

Empleando el método usado por E. Carley et al³⁸ (1968), se midió la actividad de las lactonas sesquiterpénicas como posibles inhibidores de la germinación de las semillas de lechuga, rábano y trigo. No se calculó el índice de germinación propuesto por el autor, pues se encontró que las lactonas a las concentraciones que usamos, no provocaban cambios apreciables en el número de semillas germinadas en relación con el control. La Conchosina A, la Ivalina y la Viguiestenina, provocaron un ligero retraso en la germinación de las semillas de rábano durante las primeras 24 horas a las concentraciones de 1.14×10^{-4} M, 1.14×10^{-5} M y 1.14×10^{-6} M en las que el número de semillas germinadas fue de un 50 a un 60% comparado con el control. Sin embargo a las 48 horas el número de semillas germinadas ya fue semejante al del control.

P. Dalvi et al²⁷ (1971) encontraron que la Alantolactona, también una lactona sesquiterpénica, tiene marcados efectos inhibidores sobre la germinación de las semillas, la elongación de la raíz y del epicotilo de frijol mungo. Como la Ivalina, substancia ensayada por nosotros en el presente trabajo, tiene una estructura molecular muy parecida a la Alantolactona como la muestra la fig. 2.

Figura 2



Nos pareció muy interesante comparar su actividad sobre la germinación de semillas de frijol mungo a la misma concentración y condiciones usadas por Dalvi para la Alantolactona.

Los resultados aparecen en la tabla 2. Como se observa en ella, nuestros resultados contrastan marcadamente con los obtenidos por Dalvi. La Ivalina no tiene actividad inhibidora sobre la germinación, ni sobre la

elongación de la raíz y del epicotilo de frijol mungo a la concentración usada. Es probable que la presencia del OH en el carbono 2 y la doble-ligadura exocíclica, sean las que determinen la diferencia en actividad entre la Alantolactona y la Ivalina.

La presencia del hidróxilo anulando la actividad de algunos inhibidores ha sido reportada por varios autores. M. Evenari⁴⁰ (1949) menciona que en los fenoles el efecto inhibitor generalmente decrece con un aumento en el número de grupos OH y que la inhibición causada es una función del grupo activo OH, siendo totalmente independiente de la naturaleza del grupo estructural al cual esté unido.

Los resultados de la actividad de las lactonas sesquiterpénicas sobre la elongación de la raíz y del epicotilo o coleoptilo en lechuga, rábano y trigo, se presentan en las tablas 3 a la 20 y se discuten a continuación.

Las concentraciones a las que fueron usadas las lactonas ya fueron señaladas anteriormente y con el objeto de facilitar esta discusión se les denomina simplemente 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} .

Conchosina A

En lechuga solo fue activa la concentración 10^{-5} que provocó la elongación de su raíz.

En rábano las tres concentraciones atenuaron el crecimiento de -

la raíz siendo muy semejante su actividad; la concentración 10^{-6} redujo el crecimiento del epicotilo.

En trigo tuvo siempre efectos estimulantes, las tres concentraciones provocaron crecimiento de la raíz; el crecimiento del coleoptilo fue estimulado por la concentración 10^{-5} y aunque los datos no están consigna--dos en la tabla, se observó también un incremento significativo en el núme--ro de raicillas formadas con esta misma concentración.

Desacetilviguiestena

Su actividad fue muy reducida pues sólo favoreció el crecimien--to de la raíz de lechuga a la concentración 10^{-5} y del coleoptilo de tri--go a la concentración 10^{-5} .

Ivalina

Redujo la elongación de la raíz de lechuga a la concentración - 10^{-4} ; pero a la misma concentración estimuló el crecimiento del epicotilo, las concentraciones 10^{-5} y 10^{-6} también estimularon el crecimiento del epi--cotilo.

En rábano la concentración 10^{-4} redujo el crecimiento de la - - raíz y del epicotilo; la concentración 10^{-5} tuvo el mismo efecto sobre el epicotilo, aunque su acción fue menos intensa que la provocada por la con--centración 10^{-4} .

En trigo las tres concentraciones estimularon el crecimiento de -

la raíz.

Psilotropina

Provocó una reducción en el crecimiento de la raíz de lechuga, rábano, para la primera las concentraciones efectivas fueron 10^{-5} y 10^{-6} y para el rábano las concentraciones fueron 10^{-4} y 10^{-5} .

Schkurina

La concentración 10^{-4} redujo el crecimiento de la raíz y del epicotilo de lechuga, siendo más intensa su actividad sobre la raíz.

En el trigo la concentración 10^{-4} provocó un resultado similar - al encontrado en la lechuga, es decir redujo el crecimiento de la raíz y - del coleoptilo y nuevamente su acción fue más marcada sobre la raíz. La concentración 10^{-5} estimuló el crecimiento de la raíz.

Viguiestenina

Fue la sustancia que presentó la menor actividad, pues solamente la concentración 10^{-4} provocó una reducción en el crecimiento de la raíz de trigo.

Como se advierte, los resultados obtenidos son variables. Una misma lactona provocó diferentes respuestas según la especie vegetal en la cual se ensayó y aún dentro de una misma especie sus efectos fueron variables, tal es el caso de la Ivalina en la que la concentración 10^{-4} aplicada a la lechuga redujo el crecimiento de la raíz y por el contrario facilitó

tó el del coleoptilo.

Las distintas concentraciones provocaron también efectos diferentes sobre las plantas usadas, por ejemplo la Schkurina usada a la concentración 10^{-4} atenuó el crecimiento de la raíz de trigo; pero a la concentración 10^{-5} lo estimuló. Esto permite suponer que las lactonas, como proponen algunos autores, actúan como sinergistas a bajas concentraciones y como inhibidores a altas.

Muy interesantes fueron las respuestas obtenidas con el trigo, ya que es una planta de gran importancia agrícola. La Conchosina A, a las tres concentraciones ensayadas tuvo efectos estimulantes en el crecimiento de la raíz. Muy significativa en particular fue la actividad a la concentración 10^{-5} , la cual no sólo provocó el crecimiento de la raíz sino que también el del coleóptilo y además incrementó significativamente el número de raíces.

También interesante a este respecto, fue la actividad de la Ivalina sobre la raíz de trigo cuyo crecimiento fue estimulado por las tres concentraciones usadas aunque no aumentó el número de raicillas.

La Desacetilviguiestenina y la Viguiestenina fueron las lactonas que presentaron la menor actividad pero en sus resultados observamos un aspecto que podría parecer contradictorio, ya que mientras la Desacetilviguiestenina estimuló el crecimiento de la raíz de trigo, la Viguiestenina redu

jo el crecimiento de la raíz y no tuvo efecto sobre el coleoptilo. Anteriormente se ha señalado que la Desacetilviguiestenina es cofactor del ácido indolilacético y pensamos que en estos resultados estamos observando la actividad de la Desacetilviguiestenina como cofactor sumada a su propia actividad mientras que la Viguiestenina sólo manifiesta sus propios efectos.

CONCLUSIONES

Las lactonas sesquiterpénicas ensayadas presentaron actividad sobre la respiración de coleoptilos de avena, sobre la germinación de las semillas de rábano y sobre la elongación de la raíz y del epicotilo o coleoptilo de lechuga, rábano, trigo y frijol mungo.

Los efectos observados fueron en algunos casos de inhibición y en otros de estimulación, estos resultados dependieron de las dosis usadas, siendo posible pensar que las lactonas tengan actividad sinergista cuando se usan a ciertas concentraciones e inhibidores a otras.

Los resultados dependieron también de la especie vegetal empleada, ya que cada una de ellas respondió de manera diferente ante la misma lactona.

Es también importante la estructura molecular de las lactonas, como lo mostraron los ensayos realizados con Desacetilvigüesténina, Vigüesténina e Ivalina.

En Horticultura las lactonas sesquiterpénicas podrían emplearse como cofactores del ácido indolilacético para facilitar la propagación vegetativa de algunas especies de difícil enraizamiento.

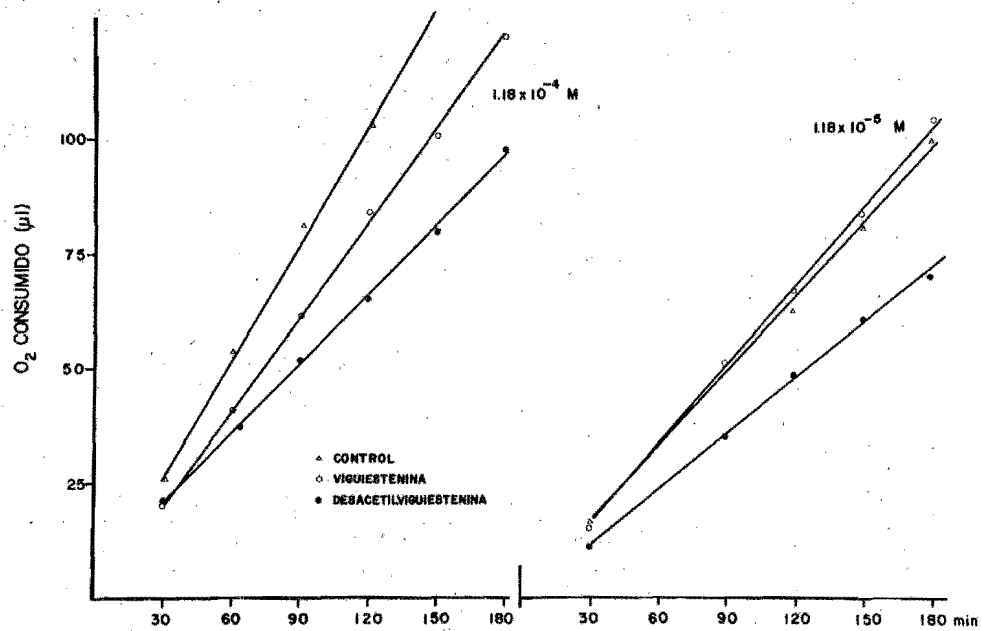
Muy interesantes fueron los resultados obtenidos con la Conchosina A en el trigo, por la importancia económica de esta especie. Aunque estos resultados se obtuvieron in vitro, no dejan de ser estimulantes para investigaciones posteriores en las cuales se determine ya en condiciones naturales si tiene valor desde el punto de vista agrícola, pues si la actividad de la Conchosina A demuestra ser la misma a la que obtuvimos en nuestro laboratorio, bien podría emplearse para obtener un mayor rendimiento en sus cultivos.

Las lactonas sesquiterpénicas, son substancias que al ser sintetizadas por los vegetales quizá realicen en ellos alguna función determinada. La mayoría se han extraído de compuestas y muy interesante será probar sus efectos morfogenéticos en las mismas especies vegetales de donde se extrajeron. Esta fue una de las razones por la que se escogió la semilla de lechuga, que es una compuesta, para probar la actividad de las lactonas sesquiterpénicas, encontrándose que dosis muy bajas de las lactonas tienen acción sobre el tamaño de raíz y epicotilo.

Además deben ser muy importantes desde el punto de vista ecológico, pues al quedar en el suelo a diferentes concentraciones, es posible que inhiban o estimulen la germinación de las semillas de la misma o de diferente especie y cualquier factor que logre esto debe tener una poderosa influencia sobre la formación de las comunidades vegetales.

Como hemos señalado, la Conchosina A estimuló el crecimiento del trigo, mientras que otras lactonas presentaron efectos inhibidores sobre otras plantas, esto nos sugiere que podrían ser usadas como herbicidas con ventajas, debido a que tratándose de sustancias biodegradables no provocan contaminación ambiental.

Otro aspecto de la investigación que se sabe se lleva a cabo -- con las lactonas sesquiterpénicas es su actividad en células animales, se sabe que tienen efectos inhibidores sobre la reproducción celular, por lo tanto, muy interesante será también establecer las relaciones ecológicas entre los vegetales y los animales.



GRAFICA 1

T A B L A 1

TRATAMIENTO (hrs)			Número de rai- ¹ cillas/Estaca
0 - 24	24-48	48 - 72	
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	6
AIA ^a	H ₂ O	H ₂ O	18
<u>Viguiestenina (V) 50 mg/l</u>			
V	AIA	H ₂ O	14
V	H ₂ O	H ₂ O	12
<u>Desacetilviguiestenina (DV) 50 mg/l</u>			
DV	AIA	H ₂ O	63
DV	H ₂ O	H ₂ O	13
<u>Crisartemina (C) 50 mg/l</u>			
C	AIA	H ₂ O	28
C	H ₂ O	H ₂ O	14

¹ - Únicamente las mayores de 1 mm

^a - Ácido indolacético 25 mg/l

INHIBICION DE LA GERMINACION DE SEMILLAS DE FRIJOL MUNGO INDUCIDA
POR ALANTOLACTONA*

Incubación 120 h; concentración de alantolactona 100 p.p.m.

TRATAMIENTO	GERMINACION %	LONGITUD DE RAIZ cm	= DE HIPOCOTILO cm
Control	100.00	3.64	5.30
Alantolactona	10.00	0.20	0.20

* R.R.Dalvi, B.Singh y D.K.Solunke, Chem.Biol.Interactions, 3 (1971) 13-18

36

INHIBICION DE LA GERMINACION DE SEMILLAS DE FRIJOL MUNGO INDUCIDA
POR IVALINA.

Incubación 120 h; concentración de ivalina 100 p.p.m.

TRATAMIENTO	GERMINACION %	LONGITUD DE RAIZ cm	= DE HIPOCOTILO cm
Control	100.00	5.76 ± 0.30	2.05 ± 0.12
Ivalina	100.00	4.99 ± 0.49	2.01 ± 0.15
$t_{\text{calculada}}$		1.5531	0.2243

t_{tablas}

N = 25

$\alpha = 0.05$ 2.0595

T A B L A 3

ACTIVIDAD DE LA CONCHOSINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	25	25	25	24
RAIZ, Promedio	34.15 ± 0.11	36.46 ± 0.09	39.80 ± 0.17	36.46 ± 0.06
EPICOTILO, Promedio	18.48 ± 0.03	18.04 ± 0.02	19.04 ± 0.02	18.25 ± 0.02
^t calculada				
RAIZ		1.0244	2.1388	1.1304
EPICOTILO		0.4325	0.5119	0.2276

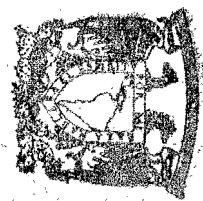
^ttablas

N = 25

α = 0.05 2.0595

37

BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA



T A B L A 4

ACTIVIDAD DE LA CONCHOSINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	24	25	24	25
RAIZ, Promedio	87.63 ± 1.30	71.08 ± 0.69	70.30 ± 1.25	67.88 ± 1.96
EPICOTILO, Promedio	21.88 ± 0.08	22.72 ± 0.14	22.25 ± 0.08	17.24 ± 0.09
$t_{calculada}$				
RAIZ,		2.3785	2.2142	2.2051
EPICOTILO,		0.3546	0.1875	2.2403
t_{tablas}				
N = 2				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 5

ACTIVIDAD DE LA CONCHOSINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
 DEL COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L).

	CONTROL	1.14×10^{-4} M	1.14×10^{-5} M	1.14×10^{-6} M
Número de observaciones	23	24	23	25
RAIZ, Promedio	80.13 ± 0.44	91.58 ± 0.58	95.00 ± 0.46	93.88 ± 0.29
COLEOPTILO, Promedio	51.61 ± 0.31	58.38 ± 0.26	60.00 ± 0.21	57.92 ± 0.34
$t_{calculada}$ RAIZ		2.3294	3.2746	3.2896
COLEOPTILO		1.8583	2.4394	1.9440
t_{tablas} N = 25 $\alpha = 0.05$	2.0595			

39

T A B L A 6

ACTIVIDAD DE LA DESACETILVIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD
EN mm DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$	
Número de observaciones	23	25	25	25	
RAIZ, Promedio	35.96 ± 0.83	38.72 ± 1.81	42.08 ± 0.97	35.71 ± 1.54	40
EPICOTILO, Promedio	19.35 ± 0.68	17.64 ± 0.78	19.60 ± 0.70	19.50 ± 0.55	
$t_{calculada}$					
RAIZ		1.3869	4.7940	0.1140	
EPICOTILO		1.6602	0.2560	0.1723	
t_{tablas}					
N = 25					
$\alpha = 0.05$	2.0595				

T A B L A 7

ACTIVIDAD DE LA DESACETILVIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD
EN mm DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L).

	CONTROL -----	$1.14 \times 10^{-4} M$ -----	$1.14 \times 10^{-5} M$ -----	$1.14 \times 10^{-6} M$ -----
Número de observaciones	22	25	22	23
RAIZ, Promedio	78.29 ± 6.37	78.78 ± 6.67	78.73 ± 5.12	82.00 ± 4.37
EPICOTILO, Promedio	21.57 ± 1.50	21.35 ± 1.50	22.82 ± 1.21	19.68 ± 1.68
$t_{calculada}$ RAIZ		0.0532	0.0539	0.4803
EPICOTILO		0.1039	0.6486	0.8385
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 8

ACTIVIDAD DE LA DESACETILVIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD
EN mm DEL COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$	$1.14 \times 10^{-8} M$
Número de observaciones	25	24	24	25
RAIZ, Promedio	92.33 ± 4.23	93.91 ± 2.37	97.96 ± 3.28	99.64 ± 2.56
COLEOPTILO, Promedio	49.72 ± 2.46	52.37 ± 0.94	52.30 ± 2.11	56.96 ± 1.39
$t_{calculada}$ RAIZ		0.3283	1.0545	1.4826
COLEOPTILO		1.0047	0.7950	2.5587
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

ACTIVIDAD DE LA IVALINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
 COLEOPTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L)

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	22	25	25	25
RAIZ, Promedio	39.50 ± 1.27	23.56 ± 1.55	40.72 ± 1.50	38.36 ± 1.28
EPICOTILO, Promedio	16.91 ± 0.90	19.96 ± 0.69	21.20 ± 0.36	19.72 ± 0.45
$t_{calculada}$				
RAIZ		7.9580	0.6215	0.6333
EPICOTILO		2.3753	4.4364	3.0010
t_{tablas}				
N =	25			
$\alpha =$	0.05	2.0595		

ACTIVIDAD DE LA IVALINA SOBRE LA LONGITUD EN - - - - -
 mm DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L)

	CONTROL -----	$1.14 \times 10^{-4} M$ -----	$1.14 \times 10^{-5} M$ -----	$1.14 \times 10^{-6} M$ -----	
Número de observaciones	24	24	25	24	
RAIZ, Promedio	91.71 ± 5.60	41.92 ± 4.41	83.64 ± 6.47	82.96 ± 6.33	4
EPICOTILO, Promedio	24.21 ± 1.55	15.83 ± 1.24	19.16 ± 1.45	19.54 ± 1.78	
$t_{calculada}$					
RAIZ		6.9791	0.9422	1.0347	
EPICOTILO		4.3887	2.3769	1.9756	
t_{tablas}					
N = 25					
$\alpha = 0.05$	2.0595				

T A B L A 11

ACTIVIDAD DE LA IVALINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
 COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L)

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	25	25	25	25
RAIZ, Promedio	100.84 ± 1.94	99.12 ± 3.21	107.16 ± 2.59	102.68 ± 2.98
COLEOPTILO, Promedio	56.08 ± 2.09	63.80 ± 2.01	65.60 ± 1.95	63.48 ± 2.59
$t_{calculada}$				
RAIZ		0.4584	1.9541	0.5170
COLEOPTILO		2.6539	3.7764	2.7983
t_{tablas}				
N =	25			
$\alpha =$	0.05	2.0595		

T A B L A 12

ACTIVIDAD DE LA PSILOTROPINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
EPICOTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L).

	CONTROL	1.14×10^{-4} M	1.14×10^{-5} M	1.14×10^{-6} M
	-----	-----	-----	-----
Número de Observaciones	24	24	25	25
RAIZ, Promedio	42.88 ± 0.07	31.92 ± 0.11	35.16 ± 0.19	34.60 ± 0.15
EPICOTILO, Promedio	21.42 ± 0.03	19.45 ± 0.02	19.72 ± 0.05	22.72 ± 0.04
$t_{calculada}$ RAIZ		6.4654	5.9594	3.5699
EPICOTILO		1.8239	1.2168	1.0322
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 13

ACTIVIDAD DE LA PSILOTROPINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	23	23	22	22
RAIZ, Promedio	96.22 ± 2.16	60.78 ± 2.72	71.73 ± 2.46	89.36 ± 2.38
EPICOTILO, Promedio	25.22 ± 0.18	20.91 ± 0.19	22.77 ± 0.15	21.55 ± 0.10
t calculada				
RAIZ		3.3416	2.4033	0.6780
EPICOTILO		1.4833	0.9246	1.4555
t tablas				
N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 14

ACTIVIDAD DE LA PSILOTROPINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
 COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	23	25	24	23
RAIZ, Promedio	103.91 ± 1.33	118.25 ± 0.25	104.08 ± 0.78	104.54 ± 0.81
COLEOPTILO, Promedio	61.87 ± 0.52	67.60 ± 0.19	68.75 ± 0.28	64.39 ± 0.21
$t_{calculada}$ RAIZ		1.0338	0.0240	0.0867
COLEOPTILO		1.3978	1.9310	0.6236
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 15

ACTIVIDAD DE LA SCHKURINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L).

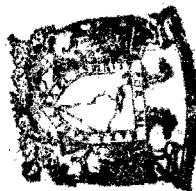
	CONTROL	1.14×10^{-4} M	1.14×10^{-5} M	1.14×10^{-6} M
Número de observaciones	25	25	25	24
RAIZ, Promedio	34.96 ± 0.08	19.95 ± 0.08	33.24 ± 0.06	35.50 ± 0.19
EPICOTILO, Promedio	16.64 ± 0.01	12.12 ± 0.01	14.64 ± 0.02	17.00 ± 0.01
t calculada				
RAIZ		7.5000	0.9298	0.2122
EPICOTILO		5.5331	2.1949	0.4229
t tablas				
N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 16

ACTIVIDAD DE LA SCHKURINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
DEL EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L).

	CONTROL	1.14×10^{-4} M	1.14×10^{-5} M	1.14×10^{-6} M	
Número de observaciones	23	24	23	24	50
RAIZ,					
Promedio	60.23 ± 1.18	61.58 ± 1.49	65.63 ± 1.71	67.65 ± 2.26	
EPICOTILO,					
Promedio	17.86 ± 0.08	21.79 ± 0.14	19.26 ± 0.08	20.79 ± 0.09	
^t calculada					
RAIZ		0.1717	0.6683	0.8402	
EPICOTILO		0.4356	0.3819	1.4949	
^t tablas					
N = 25					
α = 0.05	2.0595				

BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA



T A B L A . 17

ACTIVIDAD DE LA SCHKURINA SOBRE LA LONGITUD EN mm
DEL COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L).

	CONTROL	1.14×10^{-4}	1.14×10^{-5}	1.14×10^{-6}
	-----	-----	-----	-----
Número de observaciones	25	25	24	25
RAIZ,				
Promedio	93.08 ± 0.38	76.20 ± 0.49	103.92 ± 0.37	100.08 ± 0.22
COLEPTILO,				
Promedio	58.64 ± 0.15	49.28 ± 0.24	59.25 ± 0.22	59.28 ± 0.08
$t_{\text{calculada}}$				
RAIZ		3.6231	2.5235	1.8032
COLEOPTILO		2.9893	0.2222	0.2740
t_{tablas}				
N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

ACTIVIDAD DE LA VIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
 EPICOTILO Y LA RAIZ DE LACTUCA SATIVA (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	24	24	25	24
RAIZ, Promedio	38.38 ± 0.24	40.30 ± 0.33	36.38 ± 0.23	35.33 ± 0.32
EPICOTILO, Promedio	17.42 ± 0.10	15.75 ± 0.19	17.29 ± 0.14	18.83 ± 0.18
$t_{calculada}$ RAIZ		0.9705	1.0070	1.5532
EPICOTILO		1.5890	0.1445	1.3768
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$		2.0595		

T A B L A 19

ACTIVIDAD DE LA VIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
EPICOTILO Y LA RAIZ DE RAPHANUS SATIVUS (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-5} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$
Número de observaciones	24	23	22	22
RAIZ, Promedio	83.88 ± 1.37	75.14 ± 0.99	84.44 ± 1.20	81.95 ± 1.32
EPICOTILO, Promedio	20.46 ± 0.34	18.32 ± 0.28	20.56 ± 0.34	18.32 ± 0.31
$t_{calculada}$ RAIZ		1.0727	0.0663	0.2115
EPICOTILO		1.0157	0.0431	0.9667
t_{tablas} N = 25				
$\alpha = 0.05$	2.0595			

T A B L A 20

ACTIVIDAD DE LA VIGUIESTENINA SOBRE LA LONGITUD EN mm DEL
 COLEOPTILO Y LA RAIZ DE TRITICUM VULGARE (L).

	CONTROL	$1.14 \times 10^{-4} M$	$1.14 \times 10^{-6} M$	$1.14 \times 10^{-8} M$	
	-----	-----	-----	-----	
Número de observaciones	25	25	25	25	
RAIZ, Promedio	97.68 ± 0.46	89.04 ± 0.69	100.32 ± 0.69	98.67 ± 0.66	54
COLEOPTILO, Promedio	56.48 ± 0.35	51.76 ± 0.50	60.48 ± 0.35	57.67 ± 0.46	
$t_{calculada}$ RAIZ		2.0859	0.6375	0.2400	
COLEOPTILO		1.5361	1.5238	0.3960	
t_{tablas} N = 25					
$\alpha = 0.05$	2.0595				

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Darwin, C. 1897. The power of movement in plants. D. Appleton--and Company, Inc. New York.
- 2.- Paál, A. 1919. Über phototropische reizleitung. Jahrb. wiss. Bot.-58: 406-458.
- 3.- Salisbury, F. B. y Ross, C. 1969. Plant Physiology. Wadsworth -- Pub. Co. Inc. Belmont, Calif. Chapter 21.
- 4.- Went, F. W. 1928. Wuchsstoff und Wachstum. Rec. Trav. Bot. -- Neerl. 25: 1-116.
- 5.- Kogl, F. y Kostermans, D. G. F. R. 1934. Hetero-auxin als stoffwechselprodukt niederer pflanzlicher Organismen. XIII. Z. Physiol. Chem., 228: 113-121.
- 6.- Thimann, K.V. 1935. On the plant growth hormone produced by -- Rhizopus suinus. J. Biol. Chem., 109: 279-291.
- 7.- Haagen-Smit, A. J., y Went, F. W. 1935. A physiological analysis of the growth substance. Proc. Koninkl. Ned. Akad. Wetens chap., 38: 852-857.
- 8.- Zimmerman, T. W., Hitchcock, A. E. y Wilcoxon, F. 1936. Several esters as plant hormones. Contrib. Boyce Thompson Inst. 8: -- 105-112.
- 9.- Irvine, V.C. 1938. Studies in growth promoting substance related to X-radiation and photoperiodism. Univ. Colorado Studies. 26: -- 69-70.
- 10.- Zimmerman, P. W. y Hitchcock, A. E. 1941. Formative effects induced by naphthoxyacetic acids. Contrib. Boyce Thompson Inst., -- 12: 1-14.

- 11.- Zimmerman, P.W., y Hitchcock, A.E. 1942. Substitued phenoxy- and benzoic acid growth substances and the relation of structure to physiological activity. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 12: 321-343.
- 12.- Bentley, J. A. 1950. Growth-regulating effect of certain organic compounds. *Nature*, 65: 449.
- 13.- Leopold, A.C. 1955. Auxins and plant growth. University of California Press, Berkeley, Calif.
- 14.- Leopold, A.C. 1958. Auxin uses in the control of flowering and - fruiting. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 9:281-310.
- 15.- Audus, L. J. 1959. Plant growth substances. Leonard Hill, Ltd., - London.
- 16.- Sachs, J. 1887. "Lectures on the Physiology of Plants". Oxford - Univ. Press.
- 17.- Thimann, K. V. y Went, F. W. 1934. On the chemical nature of the root-forming hormone. *Proc. Kon. Akad. Wetensch, Amsterdam.* 37:456-459.
- 18.- Sarkissian, I. V., y McDaniel, R. G. 1966. "Regulation of mito- chondrial activity by indolacetic acid". *Biochimica et Biophysica - Acta.* 128:413-418.
- 19.- Heyn, A. N. 1931. Der Mechanismus der Zellstreckung. *Rec. - Trav. Bot. Neerl.*, 28:113-244.
- 20.- Nooden, L. D. y Thimann, K. V. 1966. "Action of inhibitors of - RNA and protein synthesis on cell enlargement". *Plant Physiology.* 41:157-164.
- 21.- Key, J. L. 1964. "Ribonucleic acid and protein synthesis as essen- tial processes for cell elongation". *Plant Physiology.* 39:365-370.
- 22.- Biale, J.B., y Halma, F.F. 1937. The use of Heteroauxin in roo- ting of subtropicals. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 35:443-447.

- 23.- Hess, C. E. 1961. The mung bean bioassay for the detection of root promoting substances. *Plant Physiol. (Suppl.)* 36:21.
- 24.- Sequeira, L., Hemingway, J.R. y Kupchan, M. S. 1968. Vernolepin: A new reversible plant growth inhibitor. *Science*. 161:789-790.
- 25.- Osawa, T., Suzuki, A. y Tamura, S. 1971. Isolation of Chrysartemins A and B as rooting cofactors in Chrysanthemum morifolium. - *Agr. Biol. Chem. Vol. 35 No. 12:273-279*.
- 26.- Domínguez, A. X. 1973. Métodos de Investigación fitoquímica. - Ed. Limusa. Mex.
- 27.- Dalvi, P. R., Singh, B. y Salunkhe, D. K. 1971. A study on Phytotoxicity of Alantolactone. *Chem. Biol. Interactions* 3:13-18.
- 28.- Nishikawa, M., Kamiya, K., Takabatake, A. y Oshio, H. 1966. The X-ray analysis of dihydroheliangine monochloroacetate. *Tetrahedron*. 22:3601-3606.
- 29.- Morimoto, H., Sanno, Y., y Oshio, H. 1966. Chemical studies - on Heliangine a new sesquiterpene lactone isolated from the leaves of Helianthus tuberosus. *Tetrahedron*. 22:3173-3179.
- 30.- Kupchan, S. M., Aynehchi, Y., Cassidy, J. H., McPhail, A. T., Sim., G. A., Schnoes, H. K. y Burlingame, A. L. 1966. The isolation and structural elucidation of two novel sesquiterpenoid tumor inhibitors from Elephantopus elatus. *Bertal. J. Amer. Chem. Soc.* 88:3674-3676.
- 31.- Kupchan, S. M. 1970. Recent advances in the chemistry of tumor-inhibitors of plant origin. *Trans. N. Y. Acad. Sci. (2)* 32:85-106.
- 32.- Irinchiijima, S., y Tamura, S. 1970. Stereochemistry of Pyrethrosin, Cyclopyrethrosin acetate and isocyclopyrethrosin acetate. *Agr. Biol. Chem.* 34:204-209.
- 33.- Deuel, P.G. y Geissman, T.A. 1957. Xanthinin. II. The structures of Xanthinin and Xanthatin. *J. Amer. Chem. Soc.* 79:3778-3783.

- 34.- Geissman, T.A., Deuel, P., Bonde, E.K. y Addicott, F. A. 1954. Xanthinin: A plant growth regulatory compound from Xanthium pennsylvanicum I. J. Amer. Chem. Soc. 77:685-687.
- 35.- Steward, F. C. y Krikorian, A. D. 1971. Plants, Chemicals and Growth. Academic Press, Inc. New York and London.
- 36.- Mitchell, W. J. y Livingston, A. G. 1973. Métodos para el estudio de Hormonas Vegetales y Substancias reguladoras del crecimiento. Ed. Trillas.
- 37.- Machlis, L. y Torrey, G. J. 1956. Plants in action: A laboratory manual of Plant Physiology. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- 38.- Carley, E. H. y Watson, D.R. 1968. Effect of various Aqueous - plant extracts upon seed germination. Bot. Gaz. 129 (1): 57-62.
- 39.- Taboada, J., Guerrero, C. y Ortega, A. 1973. Estudio en vegetales de la actividad biológica de la Viguiestenina y de la Desacetilviguistenina. VI. Congreso Nal. de Ciencias Farmacéuticas.
- 40.- Evenari, M. 1949. Germination inhibitors. The Botanical Review - 15 (3): 153-194.